



Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**
Химико-технологический факультет
кафедра «Химия и биотехнология»



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе
д-р техн. наук, проф.

Н. В. Лобов

18 » 01 2017 г.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ
«Физическая химия»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Программа академического бакалавриата

Направление 18.03.01 «Химическая технология»

Профиль программы бакалавриата: Химическая технология неорганических веществ
Химическая технология природных энергоносителей
и углеродных материалов
Химическая технология переработки древесины

Квалификация выпускника: бакалавр

Выпускающая кафедра: Химическая технология

Форма обучения: очная

Курс: 2 Семестры: 3,4

Трудоёмкость:

Кредитов по рабочему учебному плану: 10 3Е

Часов по рабочему учебному плану: 360 ч

Виды контроля:

Экзамен: 3,4 Зачёт: нет Курсовой проект: нет Курсовая работа: нет

Пермь 2017

Учебно-методический комплекс дисциплины «Физическая химия» разработан на основании:

- федерального государственного образовательного стандарта высшего образования, утверждённого приказом Министерства образования и науки Российской Федерации «11» августа 2016 г. номер приказа 1005 по направлению подготовки 18.03.01 Химическая технология (уровень бакалавриата);

- компетентностной модели выпускника ОПОП по направлению подготовки 18.03.01 Химическая технология, профилю подготовки «Химическая технология неорганических веществ», утверждённой «24» июня 2013 г. (с изменениями в связи с переходом на ФГОС ВО);

- компетентностной модели выпускника ОПОП по направлению подготовки 18.03.01 Химическая технология, профилю подготовки «Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов», утверждённой «24» июня 2013 г. (с изменениями в связи с переходом на ФГОС ВО);

- компетентностной модели выпускника ОПОП по направлению подготовки 18.03.01 Химическая технология, профилю подготовки «Химическая технология переработки древесины», утверждённой «24» июня 2013 г. (с изменениями в связи с переходом на ФГОС ВО);

- базового учебного плана очной формы обучения по направлению подготовки 18.03.01 Химическая технология (уровень бакалавриата), профилю подготовки «Химическая технология неорганических веществ», утверждённого «08» сентября 2016 г.

- базового учебного плана очной формы обучения по направлению подготовки 18.03.01 Химическая технология (уровень бакалавриата), профилю подготовки «Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов», утверждённого «08» сентября 2016 г.

- базового учебного плана очной формы обучения по направлению подготовки 18.03.01 Химическая технология (уровень бакалавриата), профилю подготовки «Химическая технология переработки древесины», утверждённого «08» сентября 2016 г.

Рабочая программа согласована с рабочими программами дисциплин «Математика», «Физика», «Органическая химия», «Общая и неорганическая химия», «Механика», «Электротехника и промышленная электроника», участвующих в формировании компетенций совместно с данной дисциплиной.

Разработчик

канд.хим.наук, доц.



О.И.Бахирева

Рецензент

канд.хим.наук, доц.



М.М.Соколова

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Химия и биотехнология «01» ноября 2016 г., протокол № 2.

Заведующий кафедрой Химия и биотехнология, ведущей дисциплину

д-р техн. наук, доц.



Н.Б.Ходяшев

Рабочая программа одобрена учебно-методической комиссией химико-технологического факультета «08» ноября 2016 г., протокол № 46.

Председатель учебно-методической комиссии химико-технологического факультета

д-р.техн.наук, доц.



Е.Р.Мошев

СОГЛАСОВАНО

Заведующий выпускающей кафедрой Химическая технология

д-р техн. наук, проф.



В.З.Пойлов

Начальник управления образовательных программ, канд. техн. наук, доц.



Д. С. Репецкий

1. Общие положения

1.1 Цель дисциплины – ознакомление студентов с основами физической химии как современной фундаментальной науки, являющейся теоретической базой химико-технологических процессов; формирование осознанной необходимости применения знаний законов, методов физической химии при решении проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности.

В процессе изучения данной дисциплины студент осваивает следующую компетенцию:

– способность и готовность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности (ОПК – 1).

1.2 Задачи дисциплины:

- изучение закономерностей протекания химических процессов с точки зрения направления, полноты, устойчивости фаз в одно- и двухкомпонентных системах, скорости и механизма в гомогенных и гетерогенных системах;
- формирование умения выполнять расчеты тепловых эффектов, полноты протекания процессов в различной области температур;
- формирование умения анализировать фазовые равновесия на основе диаграмм состояния;
- формирование умения описывать кинетику протекания химических процессов;
- формирование навыков работы на современном оборудовании и приборах при решении практических задач.

1.3 Предметом освоения дисциплины являются следующие объекты:

- основные методы физической химии;
- законы термодинамики и кинетики;
- химические процессы, гомогенные и гетерогенные взаимодействия;
- химические и фазовые равновесия.

1.4 Место учебной дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина физическая химия относится к базовой части блока 1 и является обязательной при освоении ОПОП по направлению: 18.03.01 Химическая технология.

После изучения дисциплины обучающийся должен освоить части указанной в пункте 1.1 компетенции и продемонстрировать следующие результаты:

- **знать:**
 - начала термодинамики и основные уравнения химической термодинамики;
 - методы термодинамического описания химических и фазовых равновесий в многокомпонентных системах;

- термодинамику растворов электролитов и электрохимических систем;
- уравнения формальной кинетики;
- уравнения кинетики сложных, цепных, гетерогенных и фотохимических реакций;
- основные теории гомогенного, гетерогенного и ферментативного катализа;
- способы управления скоростями и направлениями химических процессов.

• **уметь:**

- прогнозировать влияние различных факторов на равновесие в химических реакциях;
- определять направленность процесса в заданных начальных условиях;
- устанавливать границы областей устойчивости фаз в однокомпонентных и бинарных системах;
- определять составы сосуществующих фаз в бинарных гетерогенных системах;
- составлять кинетические уравнения в дифференциальной и интегральной формах для простых реакций;
- прогнозировать влияние температуры на скорость процесса;
- применять современное физическое оборудование и приборы при решении практических задач.

• **владеть:**

- навыками вычисления тепловых эффектов химических реакций при заданной температуре в условиях постоянства давления или объема;
- навыками вычисления констант равновесия химических реакций при заданной температуре;
- навыками вычисления давления насыщенного пара над индивидуальным веществом, состава сосуществующих фаз в двухкомпонентных системах;
- методами определения констант скоростей реакций различных порядков по результатам кинетического эксперимента;
- навыками самостоятельной работы при проведении физико-химических исследований;
- навыками работы на основных физических приборах.

В таблице 1.1 приведены предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенции, заявленной в пункте 1.1.

Таблица 1.1– Дисциплины, направленные на формирование компетенции

Код	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины	Последующие дисциплины (группы дисциплин)
Профессиональная компетенция			
ОПК-1	<i>обще</i> профессиональными: способность и готовность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности.	«Общая и неорганическая химия», «Математика», «Органическая химия», «Физика»	«Электротехника и промышленная электроника», «Механика»

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Учебная дисциплина обеспечивает формирование части компетенции ОПК-1.

2.1. Дисциплинарная карта компетенции ОПК-1

Код ОПК-1	Формулировка компетенции: способность и готовность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности;
Код ОПК-1. Б 1. Б.12	Формулировка дисциплинарной части компетенции: Способность использовать основные законы физической химии и применять физико-химические методы исследования при решении теоретических задач и планирования и выполнения экспериментальных исследований.

Требования к компонентному составу части компетенции

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
В результате освоения компетенции студент: Знает: – начала термодинамики и основные уравнения химической термодинамики; – методы термодинамического опи-	Лекции. Самостоятельная работа студентов по изучению теоретического материала.	Индивидуальные задания, Тестовые вопросы для текущего и рубежного контроля. Вопросы для

сания химических и фазовых равновесий в многокомпонентных системах; – термодинамику растворов электролитов и электрохимических систем; – уравнения формальной кинетики; – уравнения кинетики сложных, цепных, гетерогенных и фотохимических реакций; – основные теории гомогенного, гетерогенного и ферментативного катализа; – способы управления скоростями и направлениями химических процессов.		подготовки к экзамену.
Умеет: – прогнозировать влияние различных факторов на равновесие в химических реакциях; – определять направленность процесса в заданных начальных условиях; – устанавливать границы областей устойчивости фаз в однокомпонентных и бинарных системах; – определять составы сосуществующих фаз в бинарных гетерогенных системах; – составлять кинетические уравнения в дифференциальной и интегральной формах для простых реакций; – прогнозировать влияние температуры на скорость процесса; – применять современное физическое оборудование и приборы при решении практических задач.	Практические занятия. Лабораторные работы. Самостоятельная работа студентов при подготовке к аудиторным занятиям	Контрольная работа. Отчёты по лабораторным работам. Индивидуальные задания. Вопросы для подготовки к экзамену.
Владеет: – навыками вычисления тепловых эффектов химических реакций при заданной температуре в условиях постоянства давления или объема; – навыками вычисления констант равновесия химических реакций при заданной температуре, – навыками вычисления давления насыщенного пара над индивидуальным веществом, состава сосуществ-	Практические занятия. Лабораторные работы. Самостоятельная работа по подготовке к экзамену.	Контрольная работа. Отчёты по лабораторным работам. Вопросы для подготовки к экзамену.

вующих фаз в двухкомпонентных системах; – методами определения констант скоростей реакций различных порядков по результатам кинетического эксперимента; – навыками самостоятельной работы при проведении физико-химических исследований; – навыками работы на основных физических приборах.		
--	--	--

3. Структура учебной дисциплины по видам и формам учебной работы

Объем дисциплины в зачетных единицах составляет 10 ЗЕ. Количество часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся указано в таблице 3.1.

Таблица 3.1–Объём и виды учебной работы

№ п.п.	Виды учебной работы	Трудоёмкость		
		по семестрам		всего
1	2	3	4	5
1	Аудиторная (контактная работа) / в том числе в интерактивной форме	88/12	52/4	140/16
	Лекции (Л) / в том числе в интерактивной форме	36/8	18/4	54/12
	Практические занятия (ПЗ) / в том числе в интерактивной форме	16/4	-	-
	Лабораторные работы (ЛР)	36	34	70
2	Контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2	4
3	Самостоятельная работа студентов (СРС)	90	54	144
	Индивидуальные задания	30	10	40
	Подготовка к аудиторным занятиям	20	14	34
	Подготовка отчетов лабораторных работ	20	20	40
	Самостоятельное изучение теоретического материала	20	10	30
4	Итоговый контроль (промежуточная аттестация обучающихся) по дисциплине: экзамен	36	36	72

5	Трудоёмкость дисциплины			
		Всего:		
		в часах(ч)	216	144
	в зачётных единицах (ЗЕ)	6	4	360
				10

4. Содержание учебной дисциплины

4.1. Модульный тематический план

Таблица 4.1 – Тематический план по модулям учебной дисциплины

3 семестр

Номер учебного модуля	Номер раздела дисциплины	Номер темы дисциплины	Количество часов (очная форма обучения) и виды занятий							Трудоём-ность, ч / ЗЕ	
							Ито-говый контроль	КС Р	само-стоя-тельная работа		
			аудиторная рабо-та								
			все-го	Л	П З	Л Р					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1	1	Введе-ние	1	1							1,0/0,01
		1	9	3	2	4			12	21/0,58	
		2	10	4	2	4			14	24/0,66	
		3	10	4	2	4			6	16 /0,44	
	2	4	4	4					8	12/0,33	
		5	10	4	2	4			12	22/0,61	
		6	10	4	2	4			7	17/0,47	
	Итого по мо-дулю:		54	24	10	20			59	113/3,1	
	2	3	7	9	3	2	4			7	16/0,44
4		8	9	3	2	4			12	21/0,58	
		9	16	6	2	8			12	28/0,78	
Итого по мо-дулю:		34	12	6	16			31	65/1,9		
Промежуточная атте-стация							36			36/1,0	
Итого:			88	36	16	36	36	2	90	216 / 6,0	

4 семестр

Но- мер учеб- ного мо- дуля	Но- мер раз- дела дис- ци- пли- ны	Номер темы дисци- плины	Количество часов (очная форма обуче- ния) и виды занятий							Трудо- ём- кость, ч / ЗЕ
			аудиторная ра- бота				Ито- говый кон- троль	КСР	само- стоя- тель- ная рабо- та	
			все- го	Л	П З	Л Р				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3	5	10	6	2		4			6	12/0,33
		11	2	2					5	7/0,19
		12	2	2					2	4/0,11
	6	13	6	2		4			5	11/0,31
		14	8	2		6			7	15/0,42
		15	6	2		4			4	10/0,28
	Итого по мо- дулю:		30	12		18			29	59/1,64
4	7	16	6	2		4			4	10/0,28
		17	6	2		4			7	13/0,36
	8	18	6	2		4			6	12/0,33
		19	4			4			6	12/0,33
	Итого по мо- дулю:		22	6		16			25	47/1,3
Промежуточная атте- стация							36			36/1,0
Итого:			52	18		34	36	2	54	144/4,0
Всего за 3 и 4 семестр			140	54	16	70	72	4	144	360/10, 0

4.2. Содержание разделов и тем учебной дисциплины

Введение. Л– 1 ч.

Сведения о предмете и его основных задачах. Определение физической химии как науки, связь с другими разделами химии. Эволюция взглядов ученых о целях и задачах физической химии как науки. Периодизация истории и краткая характеристика основных разделов физической химии и методов исследования.

Модуль 1. Основы химической термодинамики

Раздел 1. Основы химической термодинамики. Начала термодинамики

Л – 11ч, ЛР – 12ч, ПЗ – 6ч, СРС – 32ч.

Тема 1. Основы химической термодинамики, начала термодинамики. Первый закон термодинамики. Основные понятия и определения химической термодинамики. Теплота и работа – формы передачи энергии. Внутренняя энергия системы. Формулировки и уравнения первого закона термодинамики. **Термодинамические функции.** Теплота процесса при постоянном объеме и постоянном давлении. Энтальпия. Закон Гесса. Тепловой эффект процесса. Способы вычисления тепловых эффектов химических реакций: по теплотам образования и сгорания, метод комбинирования реакций.

Стандартные состояния веществ. Таблицы теплот образования из простых веществ и сгорания соединений в стандартных условиях. Теплоемкость истинная и средняя. Зависимость теплоемкости от температуры. Расчет средней теплоемкости по данным для истинной. Связь между C_p и C_v . Зависимость теплового эффекта от температуры. Уравнение Кирхгоффа.

Тема 2. Второй закон термодинамики. Самопроизвольные и несамопроизвольные процессы. Термодинамически обратимые и необратимые процессы. Термодинамическое равновесие. Превращение теплоты в работу. Принцип адиабатической недостижимости. Энтропия. Формулировки и уравнения второго закона термодинамики для обратимых и необратимых процессов. Изменение энтропии в различных процессах. Изменение энтропии в изолированной системе как критерий направления процесса. Энергия Гиббса и энергия Гельмгольца. Изменение энергии Гиббса и энергии Гельмгольца – критерии направления процесса и равновесия в неизолированных системах. Характеристические функции. Зависимость энергии Гиббса от температуры. Уравнения Гиббса-Гельмгольца. Термодинамические характеристики химической реакции. Методы расчета ΔG^0_T .

Тема 3. Третий закон термодинамики. Постулат Планка. Тепловая теорема Нернста. Абсолютная энтропия вещества. Вычисление абсолютных стандартных величин энтропии веществ из термохимических данных.

Термодинамика многокомпонентных систем. **Химический потенциал компонента в смеси. Общее условие равновесия в многокомпонентной системе.**

Раздел 2. Применение законов термодинамики к химическим процессам. Химическое равновесие

Л – 12ч, ЛР – 8ч, ПЗ – 4ч, СРС – 27ч.

Тема 4. Химическое равновесие, термодинамическая теория химического сродства. Закон действующих масс. Константа равновесия гомогенной химической реакции. Выражение констант равновесия через парциальные давления, концентрации, мольные доли. Влияние давления и добавок индифферентных газов на равновесный состав смеси. Уравнение изотермы химической реакции Вант-Гоффа.

Тема 5. Равновесие в гетерогенных системах. Константа равновесия гетерогенной реакции. Особенности выражения константы равновесия для гетерогенной реакции. Расчет равновесного состава реакционной смеси в идеальных и в реальных гетерогенных реакциях.

Тема 6. Влияние внешних факторов на химическое равновесие. Зависимость константы равновесия от температуры. Уравнения изобары и изохоры реакции. Расчет равновесного состава при протекании одной или нескольких химических реакций в идеально-газовой системе. Равновесие в реальных системах. Особенности химического равновесия в растворах. Летучесть, активность, коэффициент активности. Методы расчета летучести.

Модуль 2. Термодинамика растворов. Фазовые равновесия

Раздел 3. Термодинамические свойства растворов.

Л – 3ч, ЛР – 4ч, ПЗ – 2ч, СРС – 7ч.

Тема 7. Термодинамические свойства растворов. Парциальные молярные величины. Уравнения Гиббса-Дюгема. Расчет парциальных молярных величин. Тепловые эффекты при растворении. Идеальные, предельно разбавленные и неидеальные растворы. Зависимость равновесных свойств растворов (давление пара компонента над раствором, понижение температуры замерзания и повышение температуры кипения, растворимость твердых веществ,) от химического потенциала и других парциальных молярных величин. Положительные и отрицательные отклонения от законов идеальных растворов. Методы определения активности компонентов раствора.

Раздел 4. Гетерогенные равновесия.

Л – 9ч, ЛР – 12ч, ПЗ – 4ч, СРС – 24ч.

Тема 8. Гетерогенные равновесия. Основные понятия и определения: фаза, составная часть смеси, число компонентов, термодинамическая степень свободы. Правило фаз Гиббса. Общие представления о диаграммах состояния. Применение правила фаз для анализа однокомпонентных систем. Фазовые равновесия в однокомпонентных системах. Диаграммы состояния воды и серы.

Условия термодинамического равновесия между фазами. Связь между температурой и давлением при фазовом переходе. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Зависимость давления насыщенного пара жидкости и твердого тела от температуры. Фазовые переходы второго рода.

Тема 9. Фазовые равновесия в многокомпонентных системах.

Растворы летучих жидкостей. Соотношение между составом раствора и составом пара, равновесного с раствором. Законы Коновалова. Азеотропы. Диаграммы состояния раствор – пар в координатах: общее давление – состав, температура кипения – состав, состав раствора – состав пара. Правило рычага. Равновесие твердое-жидкость в бинарных системах. Физико-химический

анализ. Диаграммы плавкости с эвтектикой, химическими соединениями и твердыми растворами.

Равновесия жидкость-жидкость. Ограниченная растворимость двух жидкостей. Распределение компонента в системе несмешивающихся жидкостей. Экстракция.

Модуль 3. Кинетика химических реакций. Катализ

Раздел 5 .Гомогенная кинетика

Л – 6ч, ЛР – 4ч, СРС – 13 ч.

Тема 10. Формальная кинетика.

Скорость химической реакции. Понятия и определения. Основной постулат химической кинетики. Константа скорости реакции. Молекулярность и порядок реакции. Кинетические уравнения необратимых реакций нулевого, первого, второго и третьего порядков. Период полуреакции. Способы определения порядка реакции. Кинетические уравнения обратимых, параллельных и последовательных реакций. Метод стационарных концентраций. Зависимость скорости реакции от температуры. Уравнение Аррениуса. Энергия активации.

Тема 11. Теории химической кинетики.

Теория активных соударений. Выражение для константы скорости. Применение теории к мономолекулярным реакциям. Теория переходного состояния. Теория активированного комплекса, расчет скорости. Энтальпия и энтропия активации.

Тема 12. Кинетика сложных гомогенных реакций фотохимических и цепных реакций.

Реакции в растворах, фотохимические и цепные реакции. Роль растворителя. Применение теории переходного состояния к реакциям в растворах. Уравнение Бренстеда-Бьеррума. Влияние ионной силы на скорость реакций в растворах. Сопряженные реакции. Фотохимические реакции. Основные законы фотохимии. Квантовый выход. Типы фотохимических реакций. Цепные реакции. Особенности и классификация. Критические явления. "Полуостров воспламенения".

Раздел 6. Кинетика гетерогенных процессов.

Л – 6ч, ЛР – 14ч, СРС – 16 ч.

Тема 13. Диффузионная кинетика.

Характерные особенности протекания гетерогенных процессов. Диффузионная, кинетическая и переходная области протекания. Диффузионная кинетика: законы Фика, кинетика диффузии при стационарном и нестационарном состоянии диффузионного потока. Коэффициент диффузии.

Тема 14. Смешанная кинетика.

Кинетическая область протекания гетерогенных реакций: кинетика разложения минералов. Топохимические реакции, особенности протекания, уравнение Ерофеева-Колмогорова. Смешанная кинетика: реакции, протекающие на границе твердое тело-жидкость и газ-жидкость.

Тема 15. Каталитические процессы.

Катализ: определение и классификация, общие характерные особенности. **Гомогенный катализ.** Кинетические уравнения гомогенно-каталитических реакций. Активация гомогенно-каталитических реакций. **Гетерогенный катализ.** Свойства гетерогенных катализаторов. Активация гетерогенно-каталитических реакций. Оценка активности катализаторов. Теории гетерогенного катализа: промежуточных соединений, мультиплетная, активных ансамблей. **Ферментативный катализ.**

Модуль 4. Основы электрохимии

Раздел 7. Равновесия в растворах электролитов.

Л – 4ч, ЛР – 8ч, СРС – 11 ч.

Тема 16. Электропроводность.

Транспортные свойства растворов. Электропроводность растворов. Методы измерения электропроводности. Удельная и эквивалентная электропроводность, зависимость электропроводности от концентрации раствора. Закон разведения Оствальда.

Тема 17. Равновесия в растворах электролитов.

Основные положения теории сильных электролитов. Электропроводность растворов сильных электролитов, эффекты релаксационного и электрофоретического торможения движения ионов. Закон независимости ионного движения. Числа переноса ионов. Уравнение Кольрауша. Равновесия в растворах электролитов.

Раздел 8. Гальванические элементы. Термодинамическая теория ЭДС.

Л – 2ч, ЛР – 8ч, СРС – 14 ч.

Тема 18. Гальванические элементы.

Гальванические элементы. Скачки потенциалов на границах фаз. Уравнение Нернста. **Термодинамическая теория ЭДС.** Электродвижущая сила гальванического элемента. Методы измерения ЭДС. Зависимость ЭДС от температуры. Типы электродов: обратимые относительно катионов и анионов, газовые, окислительно-восстановительные.

Тема 19. Элементы кинетики электрохимических реакций.

Элементы кинетики электрохимических реакций. Области протекания электродных процессов. Перенапряжение. Предельный диффузионный ток. Уравнение Тафеля.

4.3 Перечень тем практических занятий

Таблица 4.2 – Темы практических занятий
3 семестр

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы практического занятия
1	2	3
1	1	Первый закон термодинамики. Термохимические расчеты
2	2	Второй закон термодинамики. Энтропия. Энергия Гиббса
3	2	Вычисление термодинамических потенциалов. Определение направления протекания реакции
4	4	Химическое равновесие. Расчет константы равновесия
5	5,6	Химическое равновесие. Вычисление состава равновесной системы и выхода продукта реакции
6	7	Термодинамические свойства растворов. Парциальные молярные величины
7	8	Фазовое равновесие в однокомпонентной системе. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса
9	9	Анализ фазовых равновесий в двухкомпонентных системах на основе диаграмм состояния

4.4. Перечень тем лабораторных работ

Таблица 4.3 – Темы лабораторных работ
3 семестр

№ п.п.	Номер раздела	Наименование темы лабораторной работы
1	2	3
1	1	Определение интегральных теплот растворения
2	1	Определение теплоты нейтрализации
3	1	Определение теплоты окислительно-восстановительной реакции
4	1	Определение теплоты образования кристаллогидрата
5	1	Определение содержания кристаллизационной воды в кристаллогидрате
6	2	Определение константы равновесия гетерогенной реакции и ее зависимости от температуры.
7	2	Определение равновесных параметров гомогенной

		реакции в растворах
8	3	Эбулиоскопия растворов
9	3	Определение коэффициента распределения вещества между двумя несмешивающимися растворителями..
10	4	Изучение зависимости давления насыщенного пара от температуры
11	4	Изучение диаграмм жидкость-пар.
12	4	Изучение диаграмм плавкости.

4 семестр

№ п.п.	Номер раздела	Наименование темы лабораторной работы
1	2	3
13	5	Определение порядка реакции по методу
14	5	Определение порядка реакции графическим методом
15	5	Изучение кинетики реакции разложения мочевины в водных растворах
16	5	Изучение кинетики реакции омыления уксусно-этилового эфира щелочью
17	6	Изучение кинетики растворения малорастворимых химических соединений
18	6	Изучение кинетики разложения перманганата калия.
19	6	Изучение кинетики разложения карбонатов металлов
20	6	Изучение законов роста оксидных пленок на поверхности металлов
21	7	Определение константы и степени диссоциации слабого электролита
22	7	Определение растворимости и произведения растворимости малорастворимой соли..
23	7	Определение среднего коэффициента активности электролита методом потенциометрии
24	7	Определение значений водородного показателя (рН) водных растворов
25	8	Определение ЭДС гальванического элемента и потенциалов отдельных электродов в зависимости то концентрации растворов
26	8	Изучение кинетики электродных процессов

5. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям, лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Изучение дисциплины осуществляется в течение двух семестров, график изучения дисциплины приводится п.7.
5. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

5.1 Виды самостоятельной работы студентов

Таблица 5.1 – Виды самостоятельной работы студентов (СРС)

3 семестр

Номер темы (раздела) дисциплины	Вид самостоятельной работы студентов	Трудоемкость, часов
1	2	3
1 (I)	Выполнение индивидуального задания	6
	Подготовка к аудиторным занятиям	2
	Подготовка отчетов лабораторных работ	2
	Изучение теоретического материала.	2
2 (I)	Выполнение индивидуального задания	6
	Подготовка к аудиторным занятиям	2
	Подготовка отчетов лабораторных работ	2
	Изучение теоретического материала.	4
3 (I)	Подготовка к аудиторным занятиям	2
	Подготовка отчетов лабораторных работ	2
	Изучение теоретического материала.	2
4 (II)	Подготовка к аудиторным занятиям	4
	Изучение теоретического материала	4
5 (II)	Выполнение индивидуального задания	6
	Подготовка к аудиторным занятиям	2
	Подготовка отчетов лабораторных работ	2
	Изучение теоретического материала.	2
6 (II)	Подготовка к аудиторным занятиям	2
	Подготовка отчетов лабораторных работ	3
	Изучение теоретического материала.	2
7 (III)	Подготовка к аудиторным занятиям	2

	Подготовка отчетов лабораторных работ	3
	Изучение теоретического материала	2
8 (IV)	Выполнение индивидуального задания	6
	Подготовка к аудиторным занятиям	2
	Изучение теоретического материала	2
	Подготовка отчетов лабораторных работ	2
9(IV)	Выполнение индивидуального задания	6
	Подготовка к аудиторным занятиям	2
	Подготовка отчетов лабораторных работ	4
Итого		90/2,5

4 семестр

10(V)	Подготовка отчетов лабораторных работ	2
	Подготовка к аудиторным занятиям	1
	Изучение теоретического материала	1
	Выполнение индивидуального задания	2
11(V)	Выполнение индивидуального задания	3
	Подготовка к аудиторным занятиям	1
	Изучение теоретического материала	1
12(V)	Подготовка к аудиторным занятиям	1
	Изучение теоретического материала	1
13(VI)	Подготовка к аудиторным занятиям	2
	Изучение теоретического материала	1
	Подготовка отчетов лабораторных работ	2
14(VI)	Подготовка к аудиторным занятиям	2
	Изучение теоретического материала	1
	Подготовка отчетов лабораторных работ	4
15(VI)	Подготовка к аудиторным занятиям	1
	Изучение теоретического материала	1
	Подготовка отчетов лабораторных работ	2
16(VII)	Подготовка к аудиторным занятиям	1
	Изучение теоретического материала	1
	Подготовка отчетов лабораторных работ	2
17(VII)	Выполнение индивидуального задания	3
	Подготовка к аудиторным занятиям	1
	Изучение теоретического материала	1
	Подготовка отчетов лабораторных работ	2
18(VIII)	Выполнение индивидуального задания	2
	Подготовка к аудиторным занятиям	1
	Изучение теоретического материала	1
	Подготовка отчетов лабораторных работ	2
19(VIII)	Подготовка к аудиторным занятиям	3
		1

	Изучение теоретического материала Подготовка отчетов лабораторных работ	4
Итого:		54/1,5

5.2 Самостоятельное изучение теоретического материала

Таблица 5.2 - Темы и вопросы для самостоятельного изучения теоретического материала

3 семестр

№ п.п.	Номер темы дисциплины (раздела)	Наименование темы и вопросы для самостоятельного изучения теоретического материала
1	1 (I)	Тема 1. Основы химической термодинамики, начала термодинамики. Первый закон термодинамики. Связь между C_p и C_v
2	2 (I)	Тема 2. Второй закон термодинамики. Характеристические функции.
3	3 (I)	Тема 3. Третий закон термодинамики. Постулат Планка. Тепловая теорема Нернста. Абсолютная энтропия вещества.
4	4 (II)	Тема 4. Химическое равновесие, термодинамическая теория химического сродства. Влияние давления и добавок индифферентных газов на равновесный состав смеси.
5	5 (II)	Тема 5. Равновесие в гетерогенных системах Особенности выражения константы равновесия для гетерогенной реакции.
6	6 (II)	Тема 6. Влияние внешних факторов на химическое равновесие. Равновесие в реальных системах.
7	7 (III)	Тема 7. Термодинамические свойства растворов. Методы определения активности компонентов раствора.
8	8 (IV)	Тема 8. Гетерогенные равновесия. Диаграммы состояния воды и серы.
9	9(IV)	Тема 9. Фазовые равновесия в многокомпонентных системах. Разделение раствора на компоненты: фракционная перегонка. Перегонка с водяным паром.

4 семестр

№ п.п.	Номер темы дисциплины (раздела)	Наименование темы и вопросы для самостоятельного изучения теоретического материала
10	10(V)	Тема 10. Формальная кинетика. Метод стационарных концентраций.
11	11(V)	Тема 11. Теории химической кинетики. Энтальпия и энтропия активации.
12	12(V)	Тема 12. Кинетика сложных гомогенных реакций фотохимических и цепных реакций. Цепные реакции. Особенности и классификация. Критические явления. "Полуостров воспламенения".
13	13(VI)	Тема 13. Диффузионная кинетика. Кинетика диффузии при стационарном и нестационарном состоянии диффузионного потока.
14	14(VI)	Тема 14. Смешанная кинетика. Смешанная кинетика: реакции, протекающие на границе твердое тело-жидкость и газ-жидкость.
15	15(VI)	Тема 15. Каталитические процессы Ферментативный катализ
16	16(VII)	Тема 16. Электропроводность. Закон разведения Оствальда.
17	17(VII)	Тема 17. Равновесия в растворах электролитов. Электропроводность растворов сильных электролитов, эффекты релаксационного и электрофоретического торможения движения ионов.
18	18(VIII)	Тема 18. Гальванические элементы. Типы электродов: обратимые относительно катионов и анионов, газовые, окислительно-восстановительные.
19	19(VIII)	Тема 19. Элементы кинетики электрохимических реакций. Уравнение Тафеля.

5.2.1 Курсовой проект (курсовая работа)
Курсовой проект не предусмотрен.

5.2.2. Реферат
Реферат не предусмотрен.

5.2.3. Индивидуальные задания

**Таблица 5.3. Темы индивидуальных заданий
3 семестр**

№ п.п.	Номер темы дисциплины (раздела)	Наименование темы индивидуального задания
1	1 (I)	Определение тепловых эффектов химических реакций. Применение закона Гесса, следствий из закона Гесса, закона Кирхгоффа.
2	2 (I)	Определение возможности, направления и полноты протекания химической реакции в стандартных и нестандартных условиях. Применение объединенных первого и второго законов термодинамики.
3	5 (II)	Химическое равновесие. Определение констант равновесия в стандартных и нестандартных условиях, влияния внешних факторов на смещение равновесия и величину константы равновесия.
4	8 (IV)	Определение фазового равновесия в однокомпонентных системах. Построение диаграмм состояния однокомпонентных систем.
5	9(IV)	Определение фазового равновесия в двухкомпонентных системах. Построение диаграмм состояния двухкомпонентных систем.

4 семестр

№ п.п.	Номер темы дисциплины (раздела)	Наименование темы индивидуального задания
6	10(V)	Определение кинетических характеристик простых односторонних реакций, сложных последовательных реакций.
7	11(V)	Определение энергии активации и других кинетических констант химических реакций.
8	17(VII)	Определение электропроводности растворов сильных и слабых электролитов. Применение законов Оствальда и Кольрауша.
9	18(VIII)	Определение ЭДС и других термодинамических характеристик гальванического элемента.

5.3 Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

При изучении дисциплины внедрены новые современные образовательные технологии и формы организации учебного процесса:

- чтение лекций с применением мультимедийных технологий;
- работа в команде: совместная работа студентов при выполнении лабораторных работ;
- проблемное обучение: активизация мыслительной деятельности студентов к самостоятельному приобретению знаний путем создания проблемных ситуаций, необходимых для решения конкретной проблемы.

Чтение лекций предполагает вовлечение студентов в обсуждение излагаемых проблем путем постановки заранее подготовленных вопросов. Студенты становятся активными участниками лекции, предлагающими пути решения проблемы.

При проведении лабораторных занятий студенты взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом, образуя одну команду от 2 до 4 человек. Результат химического эксперимента зависит от слаженной работы каждого студента. В команде выявляется лидер, формируется коллективная ответственность за полученный результат. Место преподавателя сводится к направлению деятельности учащихся на достижение целей занятия.

6. Управление и контроль освоения компетенций

6.1. Текущий контроль освоения заданных дисциплинарных компетенций

Текущий контроль освоения дисциплинарных компетенций проводится в следующих формах:

- защита отчетов лабораторных работ;
- сдача теоретического материала по теме лабораторной работы.

6.2. Рубежный и промежуточный контроль освоения дисциплинарных компетенций

Рубежный контроль освоения дисциплинарных компетенций проводится по окончании модулей дисциплины в следующих формах:

- тестирование (модуль 1, 2, 3, 4) - 0,5 ч каждый модуль;
- контрольные работы (модуль 1, 2, 3, 4) – 1,5 ч каждый модуль.

3 семестр модули 1 и 2 – 2 ч.

4 семестр модули 3 и 4 – 2 ч.

6. Фонд оценочных средств дисциплины

6.1 Текущий контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

Текущий контроль освоения дисциплинарных частей компетенций проводится в форме индивидуальных заданий и теоретического опроса.

6.2 Рубежный и промежуточный контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений дисциплинарных частей компетенций проводится в форме защиты лабораторных работ и рубежных контрольных работ (после изучения каждого модуля учебной дисциплины).

6.3 Итоговый контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

1) Экзамен

– Экзамен по дисциплине проводится в устной форме по билетам. Билет содержит теоретические вопросы для проверки усвоенных знаний, практические задания для проверки усвоенных умений и комплексные задания для контроля уровня приобретенных владений всех заявленных дисциплинарных компетенций.

– Экзаменационная оценка выставляется с учётом результатов рубежной аттестации.

Фонды оценочных средств, включающие типовые задания, контрольные работы, тесты и методы оценки, критерии оценивания, перечень контрольных точек и таблица планирования результатов обучения, контрольные задания к экзамену, позволяющие оценить результаты освоения данной дисциплины, входят в состав РПД в виде приложения.

6.4. Виды текущего, рубежного и итогового контроля освоения элементов частей компетенций

Таблица 6.1 - Виды контроля освоения элементов и частей компетенций

Контролируемые результаты освоения дисциплины (ЗУВы)	Вид контроля			
	РТ	ИЗ	Трен (ЛР)	экзамен
В результате освоения дисциплины студент: Знает:				
– начала термодинамики и основные уравнения химической термодинамики;	+	+		+
– методы термодинамического описания химических и фазовых равновесий в многокомпонентных систе-	+	+		+

мах;				
– термодинамику растворов электролитов и электрохимических систем;	+	+		+
– уравнения формальной кинетики и теории кинетики сложных, цепных, гетерогенных и фотохимических реакций;	+	+		+
– основные теории гомогенного, гетерогенного и ферментативного катализа	+			+
– особенности термодинамики процессов в открытых системах;	+			+
– способы управления скоростями и направлениями химических процессов;	+	+		+
– методы теоретического и экспериментального исследования реакций и процессов.	+		+	+
Умеет:				
– определять по справочным данным энергетические характеристики веществ, термодинамические характеристики химических реакций, величины рН и характеристики диссоциации различных соединений;	+	+	+	+
– составлять энергетический баланс процессов;	+	+	+	+
– определять движущие силы и возможности протекания процессов;	+	+	+	+
– определять свойства и типы растворов, пользуясь основными законами теории идеальных и неидеальных растворов;	+	+	+	+
– проводить кинетические исследования и расчеты процессов.		+	+	+
– применять основные законы и теории физической химии в экспериментальных исследованиях;			+	
– применять современное физическое оборудование и приборы при решении практических задач			+	
Владеет:				
– методами термодинамического описания химических и фазовых равновесий в многокомпонентных систе-		+	+	+

мах,				
– методами кинетического анализа сложных, цепных, гетерогенных и фотохимических реакций,			+	+
– теориями гомогенного, гетерогенного и ферментативного катализа			+	+
– навыками самостоятельной работы при проведении физико-химических исследований;			+	
– навыками работы на основных физических приборах.			+	

РТ – рубежное тестирование по модулю;

ИЗ – индивидуальное задание (оценка умений);

Трен. (ЛР) – выполнение лабораторных работ с подготовкой отчёта (оценка владения).

7. График учебного процесса по дисциплине

Таблица 7.1 – График учебного процесса по дисциплине
3 семестр

Вид работы	Распределение часов по учебным неделям																		Итого
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Раздел:	Р1			Р2			Р3	Р4	Р1			Р2		Р3	Р4				
Лекции	4	4	4	4	4	4	4	4	4										36
Практические занятия	2	2	2	2	2	2	2	2											16
Лабораторные работы										4	4	4	4	4	4	4	4	4	36
КСР									2										2
Подготовка к аудиторным занятиям											2	2	2	4	2	2	4	2	20
Самостоятельное изучение материала	2	4	2	4	2	4	2												20
Выполне-		6	6		6		6	6											30

ние ин- дивиду- ального задания																					
Подго- товка отчетов лабора- торных работ									2	2	2	3	3	2	2	2	2	20			
Модуль	M1 - M2									M1					M2						
Кон- троль- ное тес- тирова- ние								+													
Кон- троль- ная ра- бота								+													
Дисци- плин. кон- троль																					экз амен

индивидуально-го задания																			
Подготовка отчетов лабораторных работ									2	2	2	2	2	2	2	2	2	4	20
Модуль	М3 - М4									М3				М4					
Контрольное тестирование									+										
Контрольная работа									+										
Модуль:	М3				М4					М3				М4					
Дисциплин. контроль																			ЭК-за-мен

8. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

8.1 Карта обеспеченности дисциплины учебно-методической литературой

Б1.Б.12 Физическая химия (индекс и полное название дисциплины)	Блок 1. Дисциплины (модули) (цикл дисциплины) ☒ базовая часть цикла ☐ вариативная часть цикла ☒ обязательная ☐ по выбору студента		
18.03.01 (код направления подготовки / специальности)	Химическая технология (полное название направления подготовки / специальности)		
ХТ (аббревиатура направления / специальности)	Уровень подготовки: ☐ специалист ☒ бакалавр ☐ магистр	Форма обучения: ☒ очная ☐ заочная ☐ очно-заочная	
2016 (год утверждения учебного плана ОПОП)	Семестр(-ы): 3,4	Количество групп: 4 Количество студентов: 82 зав. кафедрой (должность)	
Ходяшев Н.Б. (фамилия, инициалы преподавателя) химико-технологический (факультет) Химия и биотехнология (кафедра)		2391511 (контактная информация)	

СПИСОК ИЗДАНИЙ

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
1	2	3
1. Основная литература		
1	Стромберг А.Г., Семченко Д.П. Физическая химия (учебник). М.: Изд-во Высш. шк., 2006, 2009. – 527 с.	87
2	Артемов А.В. Физическая химия (учебник). М.: Академия, 2013. – 284 с.	15
3	Булидорова Г.В., Галяметдинов Ю.Г., Ярошевская Х.М., Бара-	2

Карта обеспеченности
в библиотеку сдана

	банов В.П. Физическая химия: в 2 кн. Кн. 1 Основы химической термодинамики. Фазовые равновесия (учебник). М.: Университет, 2016. – 515 с.	
4	Булидорова Г.В., Галяметдинов Ю.Г., Ярошевская Х.М., Барбанов В.П. Физическая химия: в 2 кн. Кн. 2 Электрохимия. Химическая кинетика (учебник). М.: Университет, 2016. – 515 с.	2
2. Дополнительная литература		
2.1 Учебные и научные издания		
1	Жуховицкий А.А., Шварцман Л.А.. Физическая химия (учебник). М.: Изд-во Металлургия, 2001. – 687 с.	143
2	Вольхин В.В. Общая химия. Специальный курс (учебное пособие). СПб: Изд-во Лань, 2008. – 440 с.	33
3	Бахирева О.И., Соколова М.М., Пан Л.С., Ходяшев Н.Б. Физическая химия. Применение расчетных методов в химической термодинамике (учебное пособие). Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2008. – 220 с.	296 +ЭБ
4	Киселева Е.В., Каретников Г.С., Кудряшов И.В. Сборник примеров и задач по физической химии (учебное пособие). Подольск: Изд-во Промиздат, 2008. – 456 с.	218
5	Краткий справочник физико-химических величин (справочник). Под ред. Равделя А.А., Пономаревой А.М. М.: Изд-во Аз-book, 2009. – 238 с.	60
6	Соколова М.М., Бахирева О.И. Индивидуальные задания по физической химии (методические указания). Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2015. – 57 с.	100 (каф. ХБТ) +ЭБ
7	Бахирева О.И., Соколова М.М., Ходяшев Н.Б., Холостов С.Б., Нагорный О.В. Физическая химия. Химическая кинетика и катализ (методические указания). Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2010. – 42 с.	100 (каф. ХБТ)
8	Соколова М.М., Бахирева О.И., Ходяшев Н.Б., Нагорный О.В. Физическая химия. Основы химической термодинамики и химическое равновесие (методические указания). Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2011. – 43 с.	100 (каф. ХБТ) +ЭБ
9	Бахирева О.И., Соколова М.М., Ходяшев Н.Б., Холостов С.Б. Физическая химия. Электрохимия (методические указания). Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2008. – 48 с.	100 (каф. ХБТ)
10	Бахирева О.И., Соколова М.М. Физическая химия. Термодинамика растворов. Фазовые равновесия (методические указания). Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2015. – 44 с.	100 (каф. ХБТ) +ЭБ
2.2 Периодические издания		
2.3 Нормативно-технические издания		
2.4 Официальные издания		

Карта книго-
обеспеченности
в библиотеку ордена

2.5 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины		
1	Электронная библиотека Научной библиотеки Пермского национального исследовательского политехнического университета [Электронный ресурс: полнотекстовая база данных электрон. документов изданных в Изд-ве ПНИПУ]. – Электрон. дан. (1 912 записей). – Пермь, 2014– . – Режим доступа: http://elib.pstu.ru/ . – Загл. с экрана.	
2	Лань [Электронный ресурс: электрон.-библ. система: полнотекстовая база данных электрон. документов по гуманит., естеств., и техн. наукам] / Изд-во «Лань». – Санкт-Петербург: Лань, 2010 – . – Режим доступа: http://e.lanbook.com/ . – Загл. с экрана.	
3	Консультант Плюс [Электронный ресурс: справочная правовая система: документы и комментарии: универсал. информ. ресурс]. – Версия Проф, сетевая. – Москва, 1992– . – Режим доступа: Компьютер. сеть Науч. б-ки Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, свободный	

Основные данные об обеспеченности на 1.11.2016 г.

Основная литература ☒ обеспечена ☐ не обеспечена

Дополнительная литература ☒ обеспечена ☐ не обеспечена

Зав. отделом комплектования
научной библиотеки



Н.В. Тюрикова

Текущие данные об обеспеченности на

(дата контроля литературы)

Основная литература ☐ обеспечена ☐ не обеспечена

Дополнительная литература ☐ обеспечена ☐ не обеспечена

Зав. отделом комплектования
научной библиотеки

Н.В. Тюрикова

8.3. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

8.3.1 Перечень программного обеспечения, в том числе компьютерные обучающие и контролирующие программы
Не используются.

8.4 Аудио- и видео-пособия
Не используются.

9. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

9.1 Специализированные лаборатории и классы

Таблица 9.1 – Специализированные лаборатории и классы

№ п.п.	Помещения			Площадь, м ²	Количество посадочных мест
	Название	Принадлежность (кафедра)	Номер аудитории		
1	Лаборатория физической химии	Кафедра химии и биотехнологии	а.419 к. Б (ХТФ)	78	28

9.2 Основное учебное оборудование

Таблица 9.2 – Учебное оборудование

№ п.п.	Наименование и марка оборудования (стенда, макета, плаката)	Кол-во, ед.	Форма приобретения / владения (собственность, оперативное управление, аренда и т.п.)	Номер аудито рии
1	Учебно-лабораторный комплекс «Химия» (включает модули «Термический анализ», «Термостат», «Электрохимия»)	3	оперативное управление	419 к.Б (ХТФ)
2	Весы аналитические OHAUS	1		
3	Фотоэлектроколориметр КФК–2МП	1		
4	Печь трубчатая СУОЛ 0,25	4		
5	Мультиметр АВМ – 4551	2		
6	pH – метр pH–150 м	2		

7	Мост переменного тока Р5021	2		
8	Рефрактометр ИРФ-23	1		
9	Перемешивающее устройство ЛИОР	1		
10	Термостат ЛТ -105а	1		
11	Насос вакуумный	2		
12	Дистиллятор Д - 25	1		
13	Шкаф вытяжной	2		

Лист регистрации изменений

№ п.п.	Содержание изменения	Дата, номер протокола заседания кафедры. Подпись заведующего кафедрой
1	2	3
1		
2		
3		
4		